

Геннадій Магась
кандидат наук з державного управління,
докторант докторантури,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький
<https://orcid.org/0000-0002-2769-971>
magas-xm@ukr.net

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИКОРДОННОГО КОНТРОЛЮ НА ШЛЯХАХ МІЖНАРОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНО-СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Одним із завдань, покладених на Державну прикордонну службу України, є здійснення прикордонного контролю та пропуску через державний кордон осіб, транспортних засобів і вантажів. Законом України визначено, що прикордонний контроль – це державний контроль, що здійснюється Державною прикордонною службою, який включає комплекс дій і систему заходів, спрямованих на встановлення законних підстав для перетинання державного кордону особами, транспортними засобами і переміщення через нього вантажів. Прикордонний контроль являє собою складний процес, у якому беруть участь різні сили і засоби. Він складається з певної кількості та послідовності операцій і дій, які проводяться стосовно осіб, транспортних засобів і вантажів. Прогнозування ефективності застосування сил і засобів Державної прикордонної служби України, зокрема оцінка їх потенційних можливостей, займає одне із ключових місць у загальному процесі планування оперативно-службової діяльності.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Питанню прогнозування ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення приділено обмаль уваги, тому удосконалення методичних підходів щодо прогнозування ефективності застосування підрозділів охорони державного кордону в забезпеченні недоторканності державного кордону України, зокрема прогнозування ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення, становить актуальну та важливу для практики наукову задачу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем ефективного управління органами та підрозділами у сфері охорони державного кордону приділяється багато уваги. Ця проблема розглядається у працях вчених О. С. Андрощука, О. А. Бінковського, В. П. Городнова, Б. Єрошина, В. В. Заложа, Д. В. Іщенко, І. С. Катеринчука, В. А. Кириленка, М. О. Маланчія, А. Б. Мисика, В. О. Назаренка, Б. М. Олексієнка, В. М. Серватюка,

П. А. Шишоліна, О. М. Шинкарука.

Отримані наукові результати розглянутих досліджень спрямовано на вирішення таких питань: розробка об'єктивних показників ефективності роботи органів управління підрозділами охорони державного кордону за рахунок врахування нових умов і способів реалізації оперативно-службової діяльності; вдосконалення показників оперативно-службової діяльності підрозділів охорони державного кордону та оптимізації чисельного та якісного складу органів Державної прикордонної служби України для виконання завдань у повсякденних умовах та умовах загострення обстановки; вдосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення шляхом впровадження засобів підтримки прийняття рішень в систему охорони державного кордону та інформаційно-математичного забезпечення технічних систем управління Державної прикордонної служби України.

Разом з тим, сучасні процеси в системі охорони державного кордону набули нових рис та особливостей, тому видається актуальним дослідження методичних підходів щодо прогнозування ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення.

Метою статті є розроблення методики прогнозування ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення під час організації оперативно-службової діяльності з метою забезпечення надійної охорони державного кордону України.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На шляхах міжнародного сполучення до числа критеріїв, які характеризують ефективність з принципів для прикордонного контролю питань, доцільно віднести: а) ймовірність виявлення та затримання порушників державного кордону; б) ймовірність виявлення та затримання речовин і предметів, заборонених до ввезення в Україну або вивезення з України; в) показники, які характеризують можливості пункту пропуску щодо пропуску через державний кордон осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна.

При оцінці ймовірності виявлення та затримання порушників державного кордону на шляхах міжнародного сполучення необхідно враховувати деякі особливості, які в свою чергу зумовлені специфікою прикордонного контролю. Як показує аналіз оперативно-службової діяльності підрозділів охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску, порушники державного кордону на шляхах міжнародного сполучення затримуються в переважній більшості у тих випадках, якщо вони були виявлені. Тобто для підрозділів охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску, ймовірність затримання порушників кордону P_3 за умови їх виявлення дорівнює одиниці (для підрозділів охорони державного кордону без пунктів пропуску $P_3 \leq 1$). Отже, ефективність прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення з точки зору ймовірності виявлення та затримання порушників державного кордону визначається можливостями підрозділів охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску по виявленню порушників, тобто $W = P_0$.

В свою чергу, визначальне значення у виявленні порушників державного кордону мають підготовка персоналу, який спроможний виявити порушників державного кордону без використання технічних засобів, рівень технічного оснащення, рівень оперативної роботи, а також можливості службових тварин по виявленню порушників. Тому методика розрахунку ймовірності виявлення порушників державного кордону на шляхах міжнародного сполучення має базуватися насамперед на цих вихідних даних.

Відповідно до загальних положень теорії ймовірностей однією з можливих формул для прогнозування ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення з точки зору виявлення та затримання порушників державного кордону може бути формула:

$$W = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)(1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3), \quad (1)$$

де P_i – ймовірність виявлення порушників державного кордону i -м технічним засобом;

n – кількість технічних засобів виявлення порушників кордону;

P_1 – ймовірність виявлення порушників державного кордону персоналом без використання технічних засобів;

P_2 – ймовірність виявлення порушників кордону службовими тваринами;

P_3 – ймовірність виявлення порушників оперативними силами і засобами.

Наприклад, якщо $n = 2$; $P_{i1} = 0,6$; $P_{i2} = 0,7$; $P_1 = 0,8$; $P_2 = 0,4$; $P_3 = 0,9$, ефективність прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення з точки зору ймовірності виявлення і затримання порушників кордону складе $W = 1 - (1 - 0,6)(1 - 0,7)(1 - 0,8)(1 - 0,4)(1 - 0,9) = 0,998$.

Такий підхід також можна застосувати і при оцінці ефективності з точки зору ймовірності виявлення і затримання речовин і предметів, заборонених до ввезення в Україну або вивезення з України, тобто

$$W^* = 1 - \prod_{i=1}^{n^*} (1 - P_i^*) (1 - P_1^*) (1 - P_2^*) (1 - P_3^*), \quad (2)$$

де P_i^* – ймовірність виявлення речовин і предметів, заборонених до ввезення в Україну або вивезення з України, i -м технічним засобом;

n^* – кількість технічних засобів для виявлення речовин і предметів;

P_1^* – ймовірність виявлення речовин і предметів персоналом без використання технічних засобів;

P_2^* – ймовірність виявлення речовин і предметів службовими собаками;

P_3^* – ймовірність виявлення речовин і предметів оперативними силами і засобами.

Разом з тим, під час оцінки ймовірності виявлення і затримання речовин і предметів, заборонених до ввезення в Україну або вивезення з України, важливо врахувати одне принципове зауваження: ймовірність повинна розраховуватися не взагалі, а стосовно до конкретних речовин і предметів, так як значення P_i^* , n^* , P_1^* , P_2^* для кожної речовини і предмета відрізняються, іноді досить суттєво. Стосовно оцінки ймовірності виявлення та затримання порушників кордону на шляхах міжнародного сполучення, то величина

ефективності може бути розрахована в цілому для підрозділів охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску, з огляду на те, що значення складових P_i , n , P_1 , P_2 , P_3 , які впливатимуть на цю величину для конкретного підрозділу охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску є в загальному однією величиною. Значення цих складових можуть відрізнятися в аналізованій період часу лише для різних підрозділів охорони державного кордону з наявними пунктами пропуску.

Ефективність прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення також визначається характеристиками, які відображають можливості пункту пропуску щодо пропуску через державний кордон осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна. Під час прогнозування ефективності, характеристики процесів пропуску досить точно можуть бути описані за допомогою теорії масового обслуговування, призначеної для аналізу процесів масового обслуговування та оцінки якості функціонування обслуговуючої системи [1], [2]. Всі задачі масового обслуговування стосовно оцінки ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення мають цілком визначену (завершену) структуру. Елементами такої структури в термінах теорії масового обслуговування є прикордонні наряди, які обслуговують вимоги, які надходять (особи, транспортні засоби, вантажі та інше майно); вимоги, які надходять утворюють певну часову послідовність подій, яка називається потоком вимог або вхідним потоком вимог. Кількість прикордонних нарядів обмежена, тому кожен з них характеризується деякою середньою продуктивністю, тобто числом вимог, які він в середньому може обслужити за одиницю часу. Вхідний потік вимог (заявок) характеризується певною щільністю, тобто середньою кількістю заявок, що надходять за одиницю часу. За характером потоки вимог можуть бути регулярними – вимоги, які надходять регулярно через рівні періоди та стохастичними(ймовірнісними) - моменти надходження вимог є випадковими величинами. Регулярні потоки вимог легко описати кількісно звичайними математичними методами, тому вони не представляють особливого інтересу і

не вивчаються в теорії масового обслуговування. В практиці оперативно-службової діяльності підрозділів охорони державного кордону регулярні потоки вимог зустрічаються вкрай рідко. Значні труднощі виникають під час дослідження нерегулярних, стохастичних потоків, які характерні для прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення. Випадкові величини таких потоків, як відомо, описуються законами розподілу їх ймовірностей. Отже, під час опису потоку вимог перш за все повинен бути знайдений закон розподілу ймовірностей. Реальні випадкові величини (в тому числі і потоки вимог) можуть мати самі різні закони розподілу ймовірностей - нормальний розподіл, показовий, бета-розподіл та ін. При їх описі теорією масового обслуговування накладаються досить жорсткі обмеження на характер потоку вимог.

Слід зазначити, що до теперішнього часу в теорії розроблені аналітичні рішення в основному лише для тих моделей масового обслуговування, в яких потік вимог є найпростішим (пуасоновським). При іншому характері потоку вимог аналітичне рішення є або неможливим або дуже складним [3]–[5]. Для того щоб стверджувати, що потік вимог на шляхах міжнародного сполучення є найпростішим, він повинен володіти одночасно трьома властивостями: стаціонарністю, ординарністю та відсутністю післядії.

Стаціонарним є потік, для якого ймовірність надходження певної кількості вимог протягом якогось проміжку часу не залежить від початку відліку цього проміжку, а залежить від його тривалості. Інакше кажучи, характер стаціонарного потоку вимог не змінюється з часом. Ординарним є такий потік, в якому ймовірність надходження в систему за малий проміжок часу більше однієї вимоги є величиною нескінченно малою, тобто в простому потоці в будь-який момент часу може надійти не більше однієї вимоги (вимоги надходять по одній). Поток без післядії вважається такий потік, в якому ймовірність надходження певного числа вимог після якогось довільного моменту часу не залежить від числа вимог, що надійшли до системи до цього моменту часу. Аналіз оперативно-службової діяльності підрозділів охорони державного

кордону свідчить, що на практиці лише в окремих випадках не виконуються в повному обсязі три зазначених вище властивості потоку вимог, і це не є великою перешкодою для формулювання і вирішення задач масового обслуговування під час оцінки ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення, так як реальні потоки часто є найпростішими або близькими до них. Якщо ж потоки в окремих підрозділах при дотриманні умов стаціонарності і ординарності все ж таки не характеризуються відсутністю післядії, то при аналізі ефективності прикордонного контролю в таких пунктах пропуску можна застосовувати характеристики сумарного потоку, який утворюється в результаті підсумовування (взаємного накладання) великої кількості ординарних стаціонарних потоків з практично будь-якою післядією. А. Я. Хинчин в роботі [6] для подібних випадків на основі глибоких досліджень довів, що при подібному методі отримується потік, який близький до найпростішого. Тільки при цьому потоки, які складаються, повинні здійснювати на сумарний потік приблизно рівноцінний вплив. На практиці виявляється достатнім скласти 4–5 потоків, для того щоб отримати потік, з яким можна оперувати як з простим.

Навіть якщо припустити, що на шляхах міжнародного сполучення характер потоків нестаціонарний, неординарний і з післядією, то і в цьому випадку систему обслуговування доцільно розраховувати при вхідному найпростішому потоці, але з інтенсивністю, яка відповідає максимально можливій щільності реального потоку [7]. Звідси можна вивести принцип отримання характеристик найпростішого потоку при застосуванні теорії масового обслуговування щодо аналізу ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення: характеристики найпростішого потоку вимог відповідають характеристикам максимально можливого потоку, який реально може бути в практиці оперативно-службової діяльності підрозділів охорони державного кордону (окремого контрольно-пропускного пункту). Якщо система масового обслуговування буде розрахована таким чином, то вона буде ефективно справлятися з обслуговуванням будь-якого реального потоку.

При цьому ефективність системи під час обслуговування реального потоку, який відрізняється від стаціонарного пуасоновського, буде вище, ніж розрахункова ефективність для прийнятого найпростішого потоку [8, с. 113].

Таким чином, реальні потоки вимог в пунктах пропуску підрозділів охорони державного кордону під час аналізу ефективності прикордонного контролю за своїм характером можуть вважатися в цілому як найпростіші потоки з характеристиками, які відповідають максимально можливим(піковим)данам пропуску через державний кордон України осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна.

Знаючи параметр найпростішого потоку вимог λ , тобто математичне очікування числа вимог, які надходять в систему за одиницю часу, його можна повністю описати кількісно за допомогою системи функцій Пуассона:

$$P_k(t) = \left[(\lambda t)^k / K! \right] e^{-\lambda t} \quad (3)$$

де $P_k(t)$ – ймовірність того, що протягом часу $0 - t$ до системи надійде точно k вимог на обслуговування;

λ – параметр потоку – середнє число вимог, які надходять до системи за одиницю часу;

$K!$ – факторіал числа k ;

e – основа натурального логарифма.

Змінюючи значення k і t , за формулою (3) можна розрахувати ймовірність будь-якого стану потоку вимог в пунктах пропуску через державний кордон України.

Так, наприклад, якщо параметр потоку вимог $\lambda = 2$ вимог./год., можна розрахувати ймовірність прибуття точно k вимог (наприклад, точно трьох транспортних засобів) протягом 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 2; 3; ... год. (табл. 1)

або ймовірності надходження протягом часу t (наприклад, протягом 0,5 год., якщо відомо, що оформлення транспортного засобу в середньому триває 0,5 год.) точно 0, 1, 2, 3, 4, 5, ... вимог (табл. 2).

Таблиця 1

Ймовірності прибуття точно 0, 1, 2, 3 транспортних засобів на пропуск через державний кордон України протягом різних періодів часу

t , год.	$P_0(t)$	$P_1(t)$	$P_2(t)$	$P_3(t)$
0	1,0000	0	0	0
0,25	0,6066	0,3033	0,0758	0,0126
0,50	0,3678	0,3678	0,1839	0,0613
0,75	0,2231	0,3345	0,2510	0,1255
1,00	0,1353	0,2706	0,2706	0,1804
2,00	0,0183	0,0733	0,1460	0,1954
3,00	0,0020	0,0148	0,0446	0,0892

Таблиця 2

Ймовірності прибуття точно k транспортних засобів на пропуск через державний кордон протягом 0,5 год. та накопичені значення ймовірностей

k	$P_k(0,5 год)$	$P_{(k \leq k^*)}$	$P_{(k > k^*)}$
0	0,3678	0,3678	0,6322
1	0,3678	0,7356	0,2644
2	0,1839	0,9195	0,0805
3	0,0613	0,9808	0,0192
4	0,0153	0,9961	0,0039
5	0,0034	0,9992	0,0008

За розрахованими можливостям окремих подій можна визначити також накопичені ймовірності: ймовірність того, що до системи надійде вимог не більше якогось заданого числа k^* :

$$P_{(k > k^*)} = \sum_{k=0}^{k^*} P_k(t), \quad (4)$$

і ймовірність того, що число вимог, які надходять до системи протягом часу $0-t$, буде більше заданого числа k^* :

$$P_{(k > k^*)} = 1 - P_{(k \leq k^*)} = 1 - \sum_{k=0}^{k^*} P_k(t) \quad (5)$$

Кількісний опис потоку вимог дозволяє зробити висновки щодо ефективності організації прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення та про можливості його покращення. Графіки розподілу ймовірностей, розрахованих в таблицях 1 і 2, показані на рисунках 1 і 2.

Теорія масового обслуговування надасть відповідь на питання: в залежності від співвідношення кількості прикордонних нарядів, їх деяких середніх можливостей щодо виконання службових завдань та середньої кількості осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна, які надходять за одиницю часу, пропускна спроможність системи, тобто пункту пропуску може бути достатньою або недостатньою.

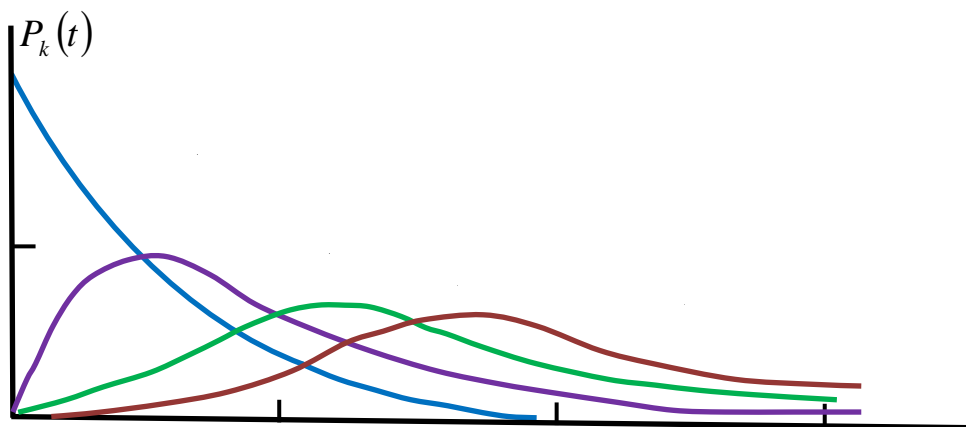


Рис. 1. Розподіл ймовірностей прибуття точно до транспортних засобів на пропуск через державний кордон протягом різних періодів часу

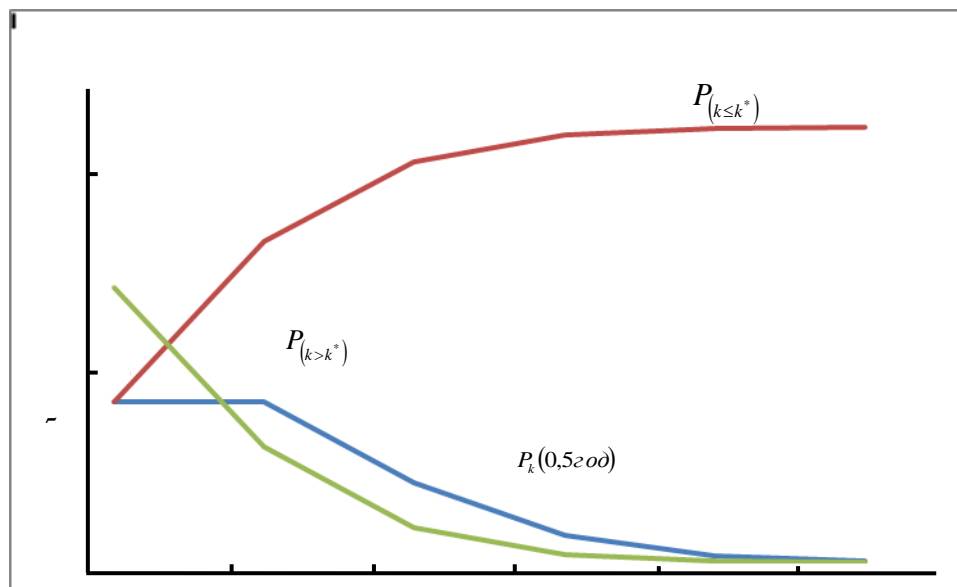


Рис. 2. Розподіл ймовірностей прибуття точно до транспортних засобів на пропуск через державний кордон протягом 0,5 год. і накопичених ймовірностей

Система з достатньою пропускною спроможністю обслуговує весь вхідний потік. На вході системи ніякої черги не утворюється, а потік, який виходить

складається тільки з обслужених вимог. Основним кількісним критерієм якості роботи такої системи є повнота завантаження (середній відсоток зайнятості) сил і засобів підрозділу. Якщо повнота завантаження невисока, то це свідчить про те, що частина прикордонних нарядів використовується неефективно.

Математичне вираження критерію ефективності в цьому випадку буде мати вигляд:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} Q_i}{\sum_{k=1}^m q_k}, \quad (6)$$

де Q_i – необхідні працевитрати (чол./год.), які забезпечують якісне виконання службових завдань під час пропуску через державний кордон осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна; $Q_i = n_i t_i$ (n_i – кількість персоналу в прикордонному наряді, яка визначається виходячи з вимог відповідних наказів та інструкцій; t_i – час, необхідний для оформлення пасажирів та транспортних засобів); q_k – потенційні можливості підрозділу (ОКПП) (чол./год.) щодо виділення необхідних сил і засобів для оформлення пасажирів та транспортних засобів; $q_k = n_k t_k$ (n_k – кількість персоналу, яку може виділити підрозділ для оформлення пасажирів та транспортних засобів; t_k – службове навантаження на персонал, визначене відповідно до вимог відповідних наказів та інструкцій);

n_p – кількість напрямів (смуг) роботи з пропуску пасажирів та транспортних засобів (оформлення пасажирських, вантажних поїздів, автомобілів);

m – кількість змін прикордонних нарядів, які забезпечують відповідні напрями робіт.

З формули (6) слідує, що $W \leq 1$ – необхідна умова для того, щоб не допустити перенавантаження персоналу підрозділу та забезпечити високу якість оформлення пасажирів та транспортних засобів. Якщо $W > 1$, це означає, що можливості сил і засобів підрозділу недостатні для якісного оформлення

пасажирів та транспортних засобів, а отже, керівництво (командування) змушене збільшувати службове навантаження на персонал, що може привести до зниження якості роботи з пропуску через державний кордон України осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна. В цьому випадку підрозділ охорони державного кордону вважається системою з недостатньою пропускною спроможністю.

Системи з недостатньою пропускною спроможністю можуть бути двох типів. До першого типу відносяться системи, призначені для обслуговування таких вимог, які можуть очікувати початку обслуговування, тому потік що виходить цілком складається з обслужених вимог. Однак в силу недостатньої пропускної спроможності на вході в систему утворюється черга заявок на обслуговування. Така система називається системою з очікуванням.

До другого типу належать системи, призначені для обслуговування таких заявок, які не чекають початку обслуговування (наприклад, диверсійно-розвідувальні групи (ДРГ) противника, які рухаються в наш тил), тому потік, що виходить буде складатися як з обслужених вимог (знищених ДРГ), так і не обслужених(такі, які прорвалися). Така система називається системою з відмовами (втратами). Логічно зрозуміло, що пункт пропуску можна віднести до системи з очікуванням, так як при пропуску через державний кордон України осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна всі вимоги обслуговуються незалежно від часу очікування. Навіть якщо умовно допустити, що поодинокі вимоги не обслуговуються, то це кваліфікується як порушення правил несення прикордонної служби з усіма наслідками, які випливають звідси. Тобто пункт пропуску навіть у виняткових випадках не можна розглядати як систему з відмовами.

Основними кількісними критеріями оцінки ефективності прикордонного контролю підрозділів охорони державного кордону з недостатньою пропускною спроможністю є: середня довжина черги $M_{оч}$, середній час очікування вимогою початку обслуговування в системі $t_{оч}$ і ймовірність того,

що всі прикордонні наряди n зайняті обслуговуванням вимог (ймовірність того, що вимога чекатиме обслуговування в черзі), $P_{оч}$. Обчислення цих критеріїв проводиться за формулами:

$$M_{оч} = aP_n / n(1 - a/n)^2, \quad (7)$$

$$t_{оч} = P_{оч}t_{обс} / (n - a), \quad (8)$$

$$P_{оч} = a^n P_0 / (n - 1)!(n - a), \quad (9)$$

де a – параметр системи; $a = \lambda / \mu$ (μ – параметр показового закону часу обслуговування вимог в системі; $\mu = 1/t_{обс}$);

$t_{обс}$ – середній час обслуговування вимоги прикордонним нарядом;

P_0 – ймовірність того, що всі прикордонні наряди вільні від обслуговування:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^{n-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{(n-1)!(n-a)} \right)^{-1}; \quad (10)$$

P_n – ймовірність того, що число вимог, що знаходяться на обслуговуванні і очікують обслуговування, дорівнює числу прикордонних нарядів:

$$P_n = a^n P_0 / n! \quad (11)$$

Для оцінки ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення за формулами (7–11) необхідно, щоб виконувалася умова $a < n$. В іншому випадку (при $a > n$) з часом кількість вимог, що очікують обслуговування, буде необмежено збільшуватися і пункт пропуску не справлятиметься зі своїми завданнями.

Якщо знайдена середня довжина черги $M_{оч}$, то середній час очікування в черзі можна знайти за формулою:

$$t_{оч} = M_{оч} / \lambda, \quad (12)$$

а P_0 (з похибкою 20–30%) можна визначити за формулою:

$$P_0 \approx [a^n / (n-1)!(n-a)]^{-1} \quad (13)$$

Розглянемо приклад: В пункті пропуску «N», який розташований на українсько-білоруській ділянці державного кордону прогнозована інтенсивність в'їзду автотранспортних засобів в Україну виражена в даних, наведених в табл. 3

Таблиця 3

Прогнозована інтенсивність пункту пропуску (дані умовні)

Транспортний засіб	Кількість транспортних засобів λ		Час обслуговування $t_{обс}, \Gamma$
	в добу	в годину	
Легкові автомобілі:			
країн Європейського союзу.....	176	7,34	0,23
РБ та РФ	180	7,50	0,32
Автобуси:			
країн Європейського союзу.....	31	1,29	0,51
РБ та РФ.....	27	1,13	0,93

За даними таблиці 3 параметр системи дорівнює:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n^*} \lambda_i t_{обс_i}, \tag{14}$$

де n^* – кількість типів автомобілів ($n^* = 4$).

При підстановці $\alpha = 7,34 \cdot 0,23 + 7,5 \cdot 0,32 + 1,29 \cdot 0,51 + 1,13 \cdot 0,93 = 5,75$.

З огляду на те, що $a < n$ найменше число прикордонних нарядів по оформленню автомобілів має дорівнювати 6. Визначаємо ефективність прикордонного контролю в пункті пропуску «N» за формулою:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^5 \frac{5,75^k}{k!} + \frac{5,75^6}{(6-1)!(6-5,75)} \right)^{-1} = 0,0007$$

або за наближеною формулою:

$$P_0 \approx [5,75^6 / (6-1)!(6-5,75)]^{-1} = 0,0008$$

Розбіжність складе близько 14 %.

За формулами (7), (8) і (11) визначаємо:

$$P_n = 5,75^6 \cdot 0,0007 / 6! = 0,04;$$

$$M_{оч} = 5,75 \cdot 0,04 / 6(1 - 5,75/6)^2 \approx 24 \text{ (автомобіля);}$$

$$P_{оч} = 5,75^6 \cdot 0,0007 / (6-1)!(6-5,75) = 0,84.$$

Середній час обслуговування одного автомобіля можна обчислити за формулою:

$$t_{обс} = \frac{\sum_{i=1}^{n^*} \lambda_i t_{обсi}}{\sum_{i=1}^{n^*} \lambda_i} = \frac{a}{\sum_{i=1}^{n^*} \lambda_i}, \quad (15)$$

де λ_i – кількість автомобілів даного типу, обслужених за одну годину;

$t_{обсi}$ – середній час обслуговування автомобілів даного типу.

Тоді $t_{обс} = 5,75 / (7,34 + 7,50 + 1,29 + 1,13) = 0,33$ (год.),

а $t_{оч} = 0,84 \cdot 0,33 / (6 - 5,75) = 1,11$ (год.).

Величини $M_{оч}$, $P_{оч}$ і $t_{оч}$ є досить високими. Це вимагає вжиття заходів щодо зменшення часу очікування і відповідно довжини черги - кількості автомобілів, які очікують оформлення. Найбільш ефективним заходом у цьому випадку є вдосконалення технології обслуговування транспортних засобів.

При скороченні середнього часу обслуговування кожного типу автомобіля приблизно на 10 % $\alpha = 7,34 \cdot 0,20 + 7,50 \cdot 0,28 + 1,29 \cdot 0,46 + 1,13 \cdot 0,83 = 5,1$; $P_0 \approx 0,0046$; $P_n \approx 0,16$; $M_{оч} = 6$ (автомобілів); $P_{оч} = 0,75$; $t_{обс} = 0,30$ (год.); $t_{оч} = 0,33$ (год.), тобто кількість автомобілів в черзі на обслуговування зменшилася в 4 рази, а час очікування - більш ніж в 3 рази і склав приблизно 20 хвилин, що можна вважати цілком прийнятним з точки зору ефективності пропуску через державний кордон транспортних засобів.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таким чином, адекватність подібного підходу щодо оцінки ефективності прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення реальній практиці оперативно-службової діяльності органів та підрозділів підтверджується не тільки результатами служби, але й даними експертного опитування фахівців в області прикордонного контролю, аналітичними розрахунками підрозділів прикордонного контролю штабів органів охорони державного кордону ДПСУ. При цьому точність прогнозування ефективності

прикордонного контролю на шляхах міжнародного сполучення по викладеній методиці може перебувати в межах 5–10 %. Перспективи подальших досліджень полягатимуть у розробці методичних підходів щодо прогнозування ефективності прикордонного контролю з урахуванням інших його (прикордонного контролю) складових.

Список використаних джерел

- Абчук В. А. и др. Введение в теорию выработка решений. Москва : Сов. радио, 1977. 277 с.
- Алдохин И. П. Теория массового обслуживания в промышленности. Москва : Экономика, 1970. 208 с.
- Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. Москва : Наука, 1966. 432 с.
- Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. Москва : Сов. радио, 1965. 510 с.
- Саульев В. К. Математические модели теории массового обслуживания. Москва : Статистика, 1979.
- Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. Москва : Физматлит, 1963. 236 с.
- Дубров А. М. Математико-статистическая оценка эффективности в экономических задачах. Москва : Финансы и статистика, 1982.

References

1. Abchuk V. A. (1977). *Vvedeniye v teoriyu vyrabotka resheniy* [Introduction to Decision-Making Theory]. Moscow : Soviet radio, 277 p. [in Russian]
2. Aldokhin I. P. (1970). *Teoriya massovogo obsluzhivaniya v promyshlennosti* [Mass Service Theory in Manufacturing Industry]. Moscow : Economics, 208 p. [in Russian]
3. Gnedenko B. V. & Kovalenko I. N. (1966). *Vvedeniye v teoriyu massovogo obsluzhivaniya* [Introduction to Mass Service Theory]. Moscow : Nauka, 432. p. [in Russian]
4. Saati T. L. (1965). *Elementy teorii massovogo obsluzhivaniya i yeye prilozheniya* [Elements of Mass Service Theory and Its Applications]. Moscow : Sov. Radio, 510 p. [in Russian]
5. Sauliev V. K. (1979). *Matematicheskiye modeli teorii massovogo obsluzhivaniya* [Arithmetic Models of Mass Service Theory]. Moscow : Statistics. [in Russian]
6. Khinchin A. Ya. (1963). *Raboty po matematicheskoy teorii massovogo obsluzhivaniya* [Works on Mathematical Mass Service Theory]. Moscow : Fizmatlit, 236 p. [in Russian]
7. Dubrov A. M. (1982). *Matematiko-statisticheskaya otsenka effektivnosti v ekonomicheskikh zadachakh* [Mathematical and Statistical Evaluation of Effectiveness in Economic Problems]. Moscow: Finance and Statistics. [in Russian]

Henadii Mahas. Methodology of Forecasting the Effectiveness of Border Control on the International Transport Routes During the Organization of Operational and Service Activities.

The article proposes a methodology for forecasting the effectiveness of border control on international transport routes.

On the international transport routes among the criteria that characterize the effectiveness of the issues which are fundamental for border control, it is reasonable to include: a) the probability of detecting and detaining violators of the state border; b) the probability of detection and detention of

substances and objects prohibited for import into Ukraine or export from Ukraine; c) indicators characterizing the capabilities of border crossing points as to checks of persons, means of transport, goods and other property.

The essence of this methodology is that the forecasting of border control effectiveness on international routes is considered in two aspects: in terms of the probability of detection and detention of violators of the state border (the main provisions are considered on the basis of probability theory); from the perspective of the capabilities of a unit (a border crossing point) for checks of persons, means of transport and goods (the main provisions are considered on the basis of the theory of mass service) while crossing the state border.

In accordance with the general provisions of the probability theory, one of the possible formulas for forecasting the effectiveness of border control on international routes in terms of detecting and detaining violators of the state border may be the formula:

$$W = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)(1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3),$$

Such an approach can also be used for valuating the effectiveness in terms of the probability of detecting and detaining substances and items prohibited for import in to Ukraine or export from Ukraine, that is

$$W^* = 1 - \prod_{i=1}^{n^*} (1 - P_i^*)(1 - P_1^*)(1 - P_2^*)(1 - P_3^*),$$

The adequacy of such an approach to evaluating the effectiveness of border control on the international transport routes with the real practice of operational and service activities of units and bodies is confirmed not only by the results of the service, but also by the data of expert survey of specialists in the field of border control, analytical calculations by the border control units of the headquarters of the State Border Guard bodies. In such a case, the accuracy of forecasting the effectiveness of border control on international transport routes according to the above methodology can be in the range of 5–10%.

Key words: public administration, State Border Guard Service of Ukraine, border control, effectiveness, forecasting.